

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-148070

(P2004-148070A)

(43) 公開日 平成16年5月27日(2004.5.27)

(51) Int.Cl.⁷

A61B 5/145

A61B 5/026

F1

A61B 5/14

310

A61B 5/02

340D

テーマコード(参考)

4C017

4C038

審査請求 未請求 請求項の数 1 書面 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2002-351793(P2002-351793)

(22) 出願日 平成14年10月29日(2002.10.29)

(71) 出願人 502438433

有限会社ティ・エス・イー

大阪府大阪市北区西天満3丁目14番9号

(72) 発明者 小坂 武

大阪府堺市横塚台3丁41番17号

Fターム(参考) 4C017 AA11 AA12 AC26 BC11 DD11

4C038 KK01 KL05 KL07 KX01 KX02

(54) 【発明の名称】 血中多成分検出装置

(57) 【要約】

【課題】非侵襲的に血中のヘモグロビン濃度、動脈中の酸素飽和度、静脈中の酸素飽和度、静脈の実効的血管径、動脈の実効的血管径、動脈の容積変化、等を算出する。

【解決手段】生体に外部から圧力を加えて少なくとも2つの状態をつくり非侵襲的に生体信号を得るようにし、その上にヘモグロビンの吸収分光域の少なくとも4個の生体分光から必要な信号を得て、演算する。

【選択図】 図6

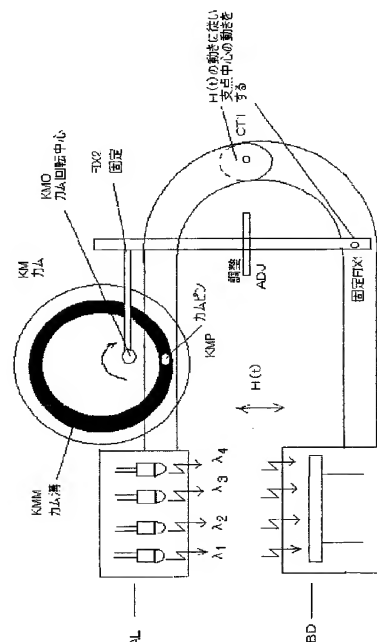


図6

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

主に可視光、赤外光を用いて非侵襲的に生体信号を得るようにした装置において、生体に外部から圧力を加えて少なくとも２つの状態をつくり、その上にヘモグロビンの吸収分光域の複数の非侵襲的な生体分光信号を得て、未知なる生体因子の数より少なくとも多い独立方程式を得て、血中のヘモグロビン濃度、動脈中の酸素飽和度、静脈中の酸素飽和度、静脈の実効的血管径、動脈の実効的血管径、動脈の容積変化、静脈の容積変化、等を算出する血中多成分検出装置。

【発明の詳細な説明】

【発明の属する技術分野】

10

本発明は血中の多成分検出装置に関する。

【従来の技術】

動脈中の酸素飽和度を非侵襲的に計測する装置はすでにパルスオキシメータとして商品になっているが他のものはほとんど成功していない。血中ヘモグロビン濃度を非侵襲的に計測する方法は既に試みられているが成功していない。これに関して理論的に整ったものとしては、特許公報（Ｂ２）平３０７１１３５があげられる。測定原理は動脈パルス脈波を応用して、ヘモグロビンの吸収分光波長と水の吸収分光波長の二つの透過光信号を取り出し、脈動成分を消去し、水の濃度は一定としてヘモグロビン濃度を算出しているものである。理論的には問題の無いものと考えられるが、実際の装置においては各分光透過光信号のＳ／Ｎの大小で精度が決まり、これが問題となっている。この特許の場合、水の吸収分光は、例えば１．４５μm或いは２．７μm等が考えられるが生体に対してのＳ／Ｎは悪く最終の精度を十分に保証できるものではない。受光素子、光源に問題がある。一方ヘモグロビンの吸収分光の可視、近赤外ではＳ／Ｎの良い透過光信号が得られることはパルスオキシメータの例からも解っている。

20

【発明が解決しようとする課題】

従来のヘモグロビン濃度測定は水の吸収分広域を用いており、生体に対してのＳ／Ｎが悪く最終精度が保証されていない。それに対して本発明はヘモグロビンの可視、近赤外の分光域のＳ／Ｎの良い生体信号を応用したもので、水の吸収分光域を用いないでヘモグロビンの濃度を算出し、その算出過程で動脈中の酸素飽和度、静脈中の酸素飽和度、動脈の実効的血径、静脈の実効的血管径が算出され、別途動脈の血流速度の計測を加えることによって血流量の計測ができるなど多成分の検出をするものである。

30

【課題を解決するための手段】

はじめに非侵襲的に動脈中の酸素飽和度を計測する測定原理を説明する。これは後の説明を助ける。測定原理は以下による。動脈中のヘモグロビンの動きを透過光の強さでみると、例えば指においては次のように説明される。

図１において

入射光： $I_{0\lambda}$ 、 λ はある波長

入射光： I_{λ} 、 λ はある波長

固定吸収部分： $C_{0\lambda}$ 、動脈中の厚さ不変部分も含む

動脈の厚さの変動部分： $f(t)$ 、周期関数とする

40

$f(t)$ は周期関数としているので

$$f(t) \geq 0$$

すると

$$I_{\lambda} = I_{0\lambda} \cdot C_{0\lambda} \cdot e^{-\sqrt{2 \cdot S_{\lambda} \cdot K_{\lambda}} \cdot f(t)} \quad \text{--- (1)}$$

ここで

S_{λ} ：ヘモグロビンの散乱係数

K_{λ} ：ヘモグロビンの吸収係数

この式は S_{λ} 、 K_{λ} の大小の関係を考慮したクベルカ・ムンクの方程式を解いた結果であ

50

る。

ここで (1) の対数をとると

$$\ln(I_{\lambda}) = \ln(I_{0\lambda} \cdot C_{0\lambda}) - \sqrt{(2S_{\lambda} \cdot K_{\lambda})} \cdot f(t) \quad (2)$$

(2) の AC 成分をとる

$$a_{\lambda} = (\ln(I_{\lambda}))_{ac} \text{ として}$$

$$a_{\lambda} = -\sqrt{(2S_{\lambda} \cdot K_{\lambda})} \cdot f(t) \quad (3)$$

ここで K_{λ} を吟味すると酸化ヘモグロビンと還元ヘモグロビンの割合によって変る。

$$K_{\lambda} = \delta \cdot C_{tHb} \cdot \{ (SPO_2 / 100) (\varepsilon_{HbO_2}^{\lambda} - \varepsilon_{Hb}^{\lambda}) + \varepsilon_{Hb}^{\lambda} \} \quad (4)$$

ここで

δ : 吸収係数の単位を合わせるための定数 (観血により決める、一度でよい)

C_{tHb} : $C_{tHbO_2} + C_{tHb}$ のトータルヘモグロビン濃度

C_{HbO_2} : 酸化ヘモグロビン濃度

C_{Hb} : 還元ヘモグロビン濃度

SPO_2 : 酸化飽和度、% 表示

$\varepsilon_{HbO_2}^{\lambda}$: 酸化ヘモグロビンの波長 λ における吸収係数

$\varepsilon_{Hb}^{\lambda}$: 還元ヘモグロビンの波長 λ における吸収係数

又 S_{λ} (δ と同様観血により決める) は酸化、還元ともヘモグロビンにおいては同じ係数をもつと考えられる。

ここで (3)、(4) の未知数、既知数に注意して整理すると

$$a_{\lambda} = \sqrt{A_{\lambda} \cdot Sp + B_{\lambda}} \sqrt{\delta \cdot C_{tHb} \cdot f(t)} \quad (5)$$

ここで a_{λ} : 測定値

$A_{\lambda} : 2S_{\lambda} \cdot K_{\lambda} (\varepsilon_{HbO_2}^{\lambda} - \varepsilon_{Hb}^{\lambda})$: λ パラメーターの既知数

$B_{\lambda} : 2S_{\lambda} \cdot \varepsilon_{Hb}^{\lambda}$: λ パラメーターの既知数

δ : 定数であるがここでは未知数としてあつかう。

C_{tHb} : 未知数

$f(t)$: 未知数

(5) は 4 個の未知数をもった式となっているが、掛け算の形を応用して

$$X = \sqrt{\delta \cdot C_{tHb} \cdot f(t)} \quad (6)$$

とおく。すると

$$a_{\lambda} = \sqrt{A_{\lambda} \cdot Sp + B_{\lambda}} \cdot X \quad (7)$$

すると (7) は未知数 Sp 、 X の二つであり、少なくとも独立した 2 式があれば解ける。

計測波長を λ_1 、 λ_2 とすると次式を得る。

$$a_{\lambda_1} = \sqrt{A_{\lambda_1} \cdot Sp + B_{\lambda_1}} \cdot X \quad (8)$$

$$a_{\lambda_2} = \sqrt{A_{\lambda_2} \cdot Sp + B_{\lambda_2}} \cdot X \quad (9)$$

(8) ÷ (9) をとれば

$$(a_{\lambda_1} / a_{\lambda_2}) = \sqrt{A_{\lambda_1} \cdot Sp + B_{\lambda_1}} / \sqrt{A_{\lambda_2} \cdot Sp + B_{\lambda_2}} \quad (10)$$

(10) から

$$Sp = \frac{-B_{\lambda 2} \cdot (a_{\lambda 1} / a_{\lambda 2})^2 + B_{\lambda 1}}{+A_{\lambda 1} \cdot (a_{\lambda 1} / a_{\lambda 2})^2 - A_{\lambda 2}} \quad (11)$$

(11) より SP、即ち酸素飽和度が解る。
 これがパルスオキシメーターの測定原理である。
 又別の解法を示す。
 (2) の微分型をとる

$$\Delta a = \sqrt{2S_{\lambda} \cdot K_{\lambda}} \cdot (df(t)/dt) \cdot \Delta t \quad (12)$$

即ち

$$\Delta a = \sqrt{2S_{\lambda} \cdot K_{\lambda}} \cdot \Delta f(t) \quad (13)$$

これは (3) と同型であり次のように解くことが出来る。

$$Sp = \frac{-B_{\lambda 2} \cdot (\Delta a_{\lambda 1} / \Delta a_{\lambda 2})^2 + B_{\lambda 1}}{+A_{\lambda 1} \cdot (\Delta a_{\lambda 1} / \Delta a_{\lambda 2})^2 - A_{\lambda 2}} \quad (14)$$

次に血中ヘモグロビン濃度、静脈中の酸素飽和度、等を計測する測定原理を説明する。
 静脈は脈動していなく今までの方法では求められない。そこで静脈に対し外から圧力を加えあたかも脈動しているかのようにして計測する。

図2はそれら計測の説明図である。外圧 $H(t)$ を加えて静脈が $h(t)$ の脈動している図である。その影響を受けて動脈も又 $k_1 \cdot h(t)$ の脈動が加わっているとしている。又動脈 $f(t)$ の静脈への影響は少ないとされているが、ここでは $k_2 \cdot f(t)$ を加えている。ここで k_1 、 k_2 も時間的に変化してもよい変数としている。 k_1 は後述するように動脈の実効径に相当しており、また k_2 は時間的に任意変化してもよく、動脈と脈の固有の脈波変化の比であり、 k_2 が求まるということは静脈の固有脈波の変化量がわかるということである。

又固定の吸収部分の外圧による変化する部分を

$$e^{-K_{0\lambda} \cdot H(t)}$$

とする。

すると ▲ 1 ▼ に相当する透過光 I_{λ} は

$$I_{\lambda} = I_{0\lambda} \cdot C_{0\lambda} \cdot e^{-K_{0\lambda} \cdot H(t)} \cdot e^{\sqrt{2S_{\lambda} \cdot K_{\lambda}} \cdot (f(t) + k_1 \cdot h(t))} \cdot e^{-\sqrt{2S_{\lambda} \cdot K_{1\lambda}} \cdot (h(t) + k_2 \cdot f(t))} \quad (21)$$

$h(t)$ は外圧による変化 $H(t)$ とは次のように関係しているとする。

$$h(t) = \frac{PY}{D} \cdot H(t) \quad (22)$$

ここで D は計測部位の外径、 PY は静脈の実効的な管の直径、 $H(t)$ は外径部の変化を表している。重要なことは (22) のように式で表されることである。(22) はその一例を示している。

動脈への静脈の影響 $k_1 \cdot h(t)$ は上述と同じように考えて

$$K1 \cdot h(t) = \frac{PX}{D} \cdot H(t) \quad \text{--- (23)}$$

と考える。ここで PX は動脈の実効的な管の直径とし、他の定義は静脈と同様とする。
 ここで (21) を再び式で表す。

$$I_{\lambda} = I_{0\lambda} \cdot C_{0\lambda} \cdot e^{-K_{0\lambda} \cdot H(t)}$$

$$\cdot e^{-\sqrt{2S_{\lambda} \cdot K_{\lambda}} \cdot (f(t) + (PX/D) \cdot H(t))}$$

$$\cdot e^{-\sqrt{2S_{\lambda} \cdot K_{1\lambda}} \cdot ((PY/D) \cdot H(t) + k2 \cdot f(t))} \quad \text{--- (24)}$$

10

ここで

$$e^{-K_{0\lambda} \cdot H(t)} : \text{固定吸収部分の外圧により変化する部分}$$

$H(t)$: 外圧の変化部分

$f(t) + (PX/D) \cdot H(t)$: 動脈の合成波

$(PY/D) \cdot H(t) + k2 \cdot f(t)$: 静脈の合成波

$K1\lambda$: 静脈中の酸素飽和度とヘモグロビン濃度により決まる吸収係数

20

$S\lambda$: ヘモグロビンの散乱係数

$k2$: 動脈と静脈の脈波の比

又、動脈中と静脈中のヘモグロビンの濃度は同じとしている。

(24) の対数を取り、その AC 成分をとると

$$\{\ln(I_{\lambda})\}_{AC} =$$

$$a_{\lambda} = -K_{0\lambda} \cdot H(t) - \sqrt{2S_{\lambda} \cdot K_{\lambda}} \cdot (f(t) + (PX/D) \cdot H(t))$$

$$- \sqrt{2S_{\lambda} \cdot K_{1\lambda}} \cdot ((PY/D) \cdot H(t) + k2 \cdot f(t)) \quad \text{--- (25)}$$

30

ここで

$$K_{\lambda} = \delta \cdot C \cdot \{ (SpO_2/100) (\epsilon_{HbO_2}^{\lambda} - \epsilon_{Hb}^{\lambda}) + \epsilon_{Hb}^{\lambda} \} \quad \text{--- (26)}$$

$$K_{1\lambda} = \delta \cdot C \cdot \{ (SpO_2/100) (\epsilon_{HbO_2}^{\lambda} - \epsilon_{Hb}^{\lambda}) + \epsilon_{Hb}^{\lambda} \} \quad \text{--- (27)}$$

(26) の SpO_2 は先の動脈中の計測で解っているとする。又 C はトータルのヘモグロビン濃度を表し、 SpO_2^{-1} は静脈中の酸素飽和度を表す。

(25) を更に変形する。

$$a_{\lambda} = -K_{0\lambda} \cdot H$$

$$- \sqrt{A_{\lambda} \cdot S + B_{\lambda}} \cdot (\sqrt{\delta} \sqrt{C} \cdot f + \sqrt{\delta} \sqrt{C} \cdot (PX/D) \cdot H)$$

40

$$- \sqrt{A_{\lambda} \cdot S + B_{\lambda}} \cdot (k2 \sqrt{\delta} \sqrt{C} \cdot f + \sqrt{\delta} \sqrt{C} \cdot (PY/D) \cdot H)$$

$$\text{--- (28)}$$

ここで

$$A_{\lambda} = S_{\lambda} (\epsilon_{HbO_2}^{\lambda} - \epsilon_{Hb}^{\lambda})$$

$$S = SpO_2 / 100$$

50

$$B_{\lambda} = 2 S_{\lambda} \cdot \varepsilon_{Hb}^{\lambda}$$

$$S^1 = SPO_2^1 / 100$$

δ : 総合した吸収係数 K と、 HbO_2 、 Hb の吸収係数と、 C とを合わせるための定数
ここで求めたいものは第 1 に C である。

未知数は $K_{0\lambda}$ 、 C 、 f 、 PX 、 k_2 、 PY 、 S^1 の 7 個である。少なくとも 7 個の独立方程式があれば解くことができる可能性がある。しかし C については

\sqrt{C} が f 、 PX 、 PY に対し掛け算の形で表わされており分離できない。

この場合は、例えば $\sqrt{C} \cdot PY$ の形で答えが得られ、一度だけ前もって採血

して C の値と $\sqrt{C} \cdot PY$ との関係を校正しておけば、あとは PY の変化は小さ

10

く合わせた値から C の値を算出できる。後述する。

又 $K_{0\lambda}$ は λ による変化がないところを選ぶことにより、 λ とは独立の未知数となる。
これらの未知数を求める 1 例を以下示す。

(28) を更に変形する。

$$a_{\lambda} = -K \cdot H - E_{\lambda} (F + P_x \cdot H)$$

$$= \sqrt{A_{\lambda} \cdot S^1 + B_{\lambda}} (k_2 \cdot F + P_y \cdot H)$$

20

--- (29)

夫々の変形部分は

$$E_{\lambda} = \sqrt{A_{\lambda} \cdot S + B_{\lambda}}$$

$$F = \sqrt{\delta} \sqrt{C} \cdot f$$

$$P_x = \sqrt{\delta} \sqrt{C} \cdot PX / D$$

$$P_y = \sqrt{\delta} \sqrt{C} \cdot PY / D$$

$$K = K_{0\lambda}$$

--- (30)

30

40

(29) は次のように変形される。

$$a_{\lambda} + K \cdot H + F (E_{\lambda} + \sqrt{A_{\lambda} \cdot S^1 + B_{\lambda}} \cdot k_2)$$

$$+ H (E_{\lambda} \cdot P_x + \sqrt{A_{\lambda} \cdot S^1 + B_{\lambda}} \cdot P_y) = 0 \text{ --- (31)}$$

ここで H が H^1 に変化した時の (31) を考える。

$$a_{\lambda}^1 + K \cdot H^1 + F^1 (E_{\lambda} + \sqrt{A_{\lambda} \cdot S^1 + B_{\lambda} \cdot k_2})$$

$$+ H^1 (E_{\lambda} \cdot P_x + \sqrt{A_{\lambda} \cdot S^1 + B_{\lambda} \cdot P_y}) = 0 \quad (32)$$

ここで F^1 は H が H^1 に変位した時の F の変位を表し、 a_{λ}^1 も同様である。
 $(31) \times H^1 - (32) \times H$ を行うと

$$(a_{\lambda} H^1 - a_{\lambda}^1 H) + (H^1 F - H^1 F) (E_{\lambda} + \sqrt{A_{\lambda} \cdot S^1 + B_{\lambda} \cdot k_2}) = 0$$

$$\quad (33)$$

10

を得る。

(33) において λ を $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ と三つの領域で考える。

$$a_1 + F_0(E_1 + \sqrt{A_1 \cdot S^1 + B_1 \cdot k_2}) = 0 \quad (34)$$

$$a_2 + F_0(E_2 + \sqrt{A_2 \cdot S^1 + B_2 \cdot k_2}) = 0 \quad (35)$$

$$a_3 + F_0(E_3 + \sqrt{A_3 \cdot S^1 + B_3 \cdot k_2}) = 0 \quad (36)$$

20

ここで

$$\begin{aligned} a_1 &= a_{\lambda_1} H^1 - a_{\lambda_1}^1 H \\ a_2 &= a_{\lambda_2} H^1 - a_{\lambda_2}^1 H \\ a_3 &= a_{\lambda_3} H^1 - a_{\lambda_3}^1 H \\ E_1 &= E_{\lambda_1} \end{aligned} \quad (37)$$

$$E_2 = E_{\lambda_2}$$

$$E_3 = E_{\lambda_3}$$

$$F_0 = H^1 F - H^1 F$$

30

(34)、(35)、(36) は未知数 F_0, S^1, k_2 の3ヶであるから代数的に解ける。

(34)、(35)、(36) を変形して次式を得る。

$$(a_1 + E_1 F_0)^2 \cdot (1 / (F_0 \cdot k^2)) = A_1 \cdot S^1 + B_1 - - - - - (38)$$

$$(a_2 + E_2 F_0)^2 \cdot (1 / (F_0 \cdot k^2)) = A_2 \cdot S^1 + B_2 - - - - - (39)$$

$$(a_3 + E_3 F_0)^2 \cdot (1 / (F_0 \cdot k^2)) = A_3 \cdot S^1 + B_3 - - - - - (40)$$

(38)、(39)、(40) から S^1 を消去すれば次式を得る。

$$(1 / (F_0 \cdot k^2))^2 \cdot \{((a_1 + E_1 F_0)^2 / A_1 - (a_2 + E_2 F_0)^2 / A_2) \\ = B_1 - B_2 - - - - - (41)$$

10

$$(1 / (F_0 \cdot k^2))^2 \cdot \{((a_1 + E_1 F_0)^2 / A_1 - (a_2 + E_2 F_0)^2 / A_2) \\ = B_1 - B_2 - - - - - (42)$$

(41) と (42) から k^2 を消去して F_0 について整理すれば次式を得る。

$$(F_0)^2 \{A_2 A_3 (B_2 - B_3) (E_1)^2 + A_1 A_2 (B_1 - B_2) (E_3)^2$$

$$+ A_3 A_1 (B_3 - B_1) (E_2)^2\} +$$

$$(2 F_0) \{A_2 A_3 (B_2 - B_3) E_1 a_1 + A_1 A_2 (B_1 - B_2) E_3 a_3 + A_3 A_1 (B_3 - B_1) E_2 a_2\}$$

$$+ \{A_2 A_3 (B_2 - B_3) (a_1)^2 + A_1 A_2 (B_1 - B_2) (a_3)^2 + A_3 A_1 (B_3 - B_1) (a_2)^2\}$$

$$= 0 - - - - - (43)$$

20

これは F_0 についての2次方程式であって係数は一般的に0ではないから解くことができる。2個の解を吟味して答えを得る。

F_0 がもとまれば(41)、あるいは(42)より k^2 が求められる。

更に(38)、(39)あるいは(40)により S^1 をもとめることが出来る。

これらの解法は3個の分光信号と外圧の二つの状態の組み合わせの計6個の独立方程式から代数的に解けるということを示している。

(31)に戻って他の未知数の一つの解き方を示す。

S^1 と k^2 は既知となったので(31)は K 、 F 、 P_x 、 P_y の4個の未知数を解くことになる。これらは一次式で結ばれているのでここでは4個の分光による独立式を考える。すると

$$H \cdot K + (E_1 + \sqrt{A_1 \cdot S^1 + B_1 \cdot k^2}) \cdot F \\ + H E_1 \cdot P_x + H \sqrt{A_1 \cdot S^1 + B_1 \cdot P_y} = a_1 - - - - - (43)$$

$$H \cdot K + (E_2 + \sqrt{A_2 \cdot S^1 + B_2 \cdot k^2}) \cdot F \\ - H E_2 \cdot P_x + H \sqrt{A_2 \cdot S^1 + B_2 \cdot P_y} = a_2 - - - - - (43)$$

$$H \cdot K + (E_3 + \sqrt{A_3 \cdot S^1 + B_3 \cdot k^2}) \cdot F \\ + H E_3 \cdot P_x + H \sqrt{A_3 \cdot S^1 + B_3 \cdot P_y} = a_3 - - - - - (43)$$

40

$$H \cdot K + (E_4 + \sqrt{A_4 \cdot S^1 + B_4 \cdot k^2}) \cdot F \\ + H E_4 \cdot P_x + H \sqrt{A_4 \cdot S^1 + B_4 \cdot P_y} = a_4 - - - - - (43)$$

ここで

$$\alpha_i = (E_i + \sqrt{A_i \cdot S^1 + B_i \cdot k^2}) \quad \text{--- (44)}$$

$$\beta_i = (H \sqrt{A_i \cdot S^1 + B_i}) \quad \text{--- (45)}$$

ただし $i=1,2,3,4$

マトリックス表示をすると

$$\begin{pmatrix} H & \alpha_1 & HE_1 & \beta_1 \\ H & \alpha_2 & HE_2 & \beta_2 \\ H & \alpha_3 & HE_3 & \beta_3 \\ H & \alpha_4 & HE_4 & \beta_4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} K \\ F \\ P_x \\ P_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{pmatrix} \quad \text{--- (46)}$$

10

これらは代数的に解くことができる。

以上が一つの理論的解法である。

次にヘモグロビン濃度に注目する。例えば $P \times$ は $(3 \ 0)$ より

$$P_y = \sqrt{\delta} \sqrt{C} \cdot P_y / D \quad \text{--- (47)}$$

即ち

$$C = \{ D^2 / (\delta P_y^2) \} \cdot P_y \quad \text{--- (48)}$$

(48)において

δ は定数であり

D は被計測部位の例えば指の外径で既知であり

$P \times$ は一連の未知数の解である。

ここで一度採血して C の値が決まれば P_y は決まる。 P_y は実効的な静脈の血管径であるから C の変化に比較して変化するものではない。従って $P \times$ の値が計測できれば C は求まる。これが C を求める測定原理である。 $P \times$ に注目しても同様の結論となる。ただし F については時間的变化が大きく安定したものを得るためには $P \times$ 、 $P \times$ にくらべ劣るので採用は適当ではないと思われる。

30

これら展開の中で外圧が内部に対しどう影響するかは最も重要な問題である。(22)に示したものは一つの近似であって、要は(22)のように、解析的に数式に表される、或いは実験的に式で表されることが最も重要なことである。式は、ここに示したように代数的な解をもとめる方法とか、あるいは近接法とかにより求めることが出来る。従ってここで示した方法は一つの例であるということである。

まとめると

動脈中の酸素飽和度はヘモグロビンの吸収分光域の2波長の生体信号があれば求めることが出来る。静脈中の酸素飽和度はヘモグロビンの吸収分光域の3波長と外圧の2つの変化の生体信号があれば求めることができる。ヘモグロビンの濃度はヘモグロビンの吸収分光域の4波長と外圧の2つの変化の生体信号があれば求めることができる。これらの分光域は可視光から近赤外光まで広がるもので、現在の受光素子、発光素子を十分な S/N があり動脈中の酸素飽和度では実用化されている。

40

【発明の実施の形態】

図3以下本発明装置の説明をする。

図3は本発明装置の信号検出部を指につけた模式図である。

ALには発光素子群を、BDには受光素子群を配置する。図4はその中身を示したものでALには λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 の各波長を主成分にした発光素子を配し、BDには λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 の感度を有する受光素子を配する。この場合はそれぞれ同時に発光させ、同時に受光して信号を取り出すのが理想であるが生体の変化に比べて問題のない速さでデータのとりこみができれば時系列的にデータを取込む方法で問題ない。

50

図5は λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 を同時に発光させ、かつ同一の光路で生体を照射し、受光では同一の受光路から λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 を分離した後それぞれに受光素子を配し（受光素子は省く）、同時データ取込みの例である。或いは時系列的に取り組む場合はALと分光選択性のないBDが、逆の分光選択性のないALとBDの組み合わせでもよい。

図6は外部からH(七)を与えるための原理説明図である。あらかじめALとBDの間に指先を挿入し、調整機構ADJでAL-BD間の距離を指先の厚さに調整する。図示してはいないが、もちろんADJは自動調整であってもよい。その時カムKMの回転中心はその調整機構ADJとともに調整され、カム回転中心KMOの周りで回転する。KMにはカム溝KMMが設けられており、その溝にカムピンKMPが滑らかに入っている。KMPはALを保持しているアームに固定され、そのアームはBDを保持しているアームと支点中心CT1で回転できるように固定されている。またADJを保持しているアームは一方はKMOで回転出来るようにKMに固定され、他方で回転できないようにFIX1で固定されている。この構成で、KMが回転するとKMPを介してAL保持アームとBD保持アームが相対的往復運動を始め、指にH(七)の外圧をあたえることになる。これがH(七)の動作のメカニズムである。H(七)の変位についてはここでは省いているがALとBDの距離の計測で(31)、(32)等を示されるH、 H^1 は分かる。

図10は図6の変形型である。KMの代わりに回転板KBがCT4の回転中心の周りで回転できるように構成され、CT4は厚さ調整機構ADJ保持アームに固定され、この厚さ調整機構ADJ保持アームはFIX1でBD保持アームに固定され、又KMM-KMPの代わりにバーBARを用いて、BARの両端がCT3、CT5の各支点で回転できるように固定されている。CT3はAL保持アームに固定され、そのアームはBDを保持しているアームと支点中心CT1で回転できるように固定されている。この構成でKBがCT4のまわりを回転するとBARによってAL保持アームが動き、ALとBDが相対的往復運動をはじめる。これによりH(七)が計測部位にかかり、図6と同様H、 H^1 は計測することになる。

図11は他の変形型である。回転運動を用いないで電磁石を用いる。電磁石保持箱SYは電磁石EMSNを保持固定し、一方図のようにバネを介して永久磁石PMを保持し、PMはシリンダー内を滑らかに動くように構成されている。図はEMSNは下部がS極とし、PMは上部がS極とし、バネは反する方向にかけられているものとする。またPMはCT3においてAL保持アームに回転できる形で固定され、そのアームはCT1において回転できるようにBD保持アームに固定されている。

SYはCT4において回転できる形で調整ADJ保持アームに固定され、そのアームはFIXにおいてBDアームに固定されている。この構成でEMSNの極性が交互に変わるようにする。それにつれてPMが往復運動を始め、続いてCT3を介してAL保持アームが動きALとBDが相対的往復運動をはじめる。これによりH(七)が計測部位にかかり、図6と同様H、 H^1 は計測することになる。

図7は本発明の機能ブロックを示したものである。ALLは発光系及び振動系の一部を示し、BDDは受光系と信号処理系の一部を示している。BDDからの各信号をアナログからデジタルに変換し、上述した演算をCPU等（図示していない）でおこなって $SP0_2$ 、 $SP0_2^1$ 、C、f(七)、 P_X 、 P_Y 、K、 k_2 等を求める。必ずしも全てを出力する必要はない。又駆動系にはBDDの出力をみてフィードバックをかけ適当な発光になるようにコントロールする。それは演算の結果をみて行ってもよいし、A/D変換の結果であってもよい。

図8、図9は発光素子への印加の仕方を示している。これ以外にも図示していないが組み合わせのなかで考えられる。ここでは代表例をしめした。

図8は $L\alpha_1$ 、 $L\alpha_2$ を交互に、或いは同時に印加し、更に $L\alpha_1$ 、 $L\alpha_2$ の極性を交互に入れ替える。その結果各発光素子は順次、或いは同時に点灯する。

図9は $L\alpha_1$ 、 $L\alpha_2$ 、 $L\alpha_3$ 、 $L\alpha_4$ に同時に印加してもよいし、順次に印加してもよい結線図である。

又図示していないが別途ドップラー効果等を応用した血流計により血流速度を測ることに

10

20

30

40

50

よりヘモグロビンの流量を算出できる。

単位時間の流量をVLとすれば

$$VL = \pi (P \times / 2)^2 \cdot C \cdot V \text{ --- (49)}$$

Vは速度である

以上のようにこの計測は他の計測の因子として役立つ。

【発明の効果】

以上のごとく、主に可視光、赤外光を用いて非侵襲的に生体信号を得るようにした装置において、生体に外部から圧力を加えて少なくとも2つの状態をつくり、その上にヘモグロビンの吸収分光域の複数の非侵襲的なS/Nのよい生体分光信号を得て、未知なる生体因子の数より少なくとも同数の独立方程式を得て、今まで算出できなかった血中のヘモグロビン濃度、動脈中の酸素飽和度、静脈中の酸素飽和度、静脈の実効的血管径、動脈の実効的血管径、動脈の容積変化、等が算出することが出来、別途ドップラー効果等を応用した血流計により血流速度を測ることによりヘモグロビンの流量を算出できる。

10

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にかかるとパルスオキシメータの説明図

【図2】本発明にかかると測定原理の説明図

【図3】本発明にかかると検出部の説明図

【図4】本発明にかかると検出部の発光受光の説明図

【図5】本発明にかかると検出部の光学系の説明図

【図6】本発明にかかると検出部の駆動系の説明図

20

【図7】本発明にかかると機能ブロックの説明図

【図8】本発明にかかると検出部の発光部の説明図

【図9】本発明にかかると検出部の発光部の説明図

【図10】本発明にかかると検出部の駆動系の説明図

【図11】本発明にかかると検出部の駆動系の説明図

【図12】本発明にかかると検出部の駆動系の説明図

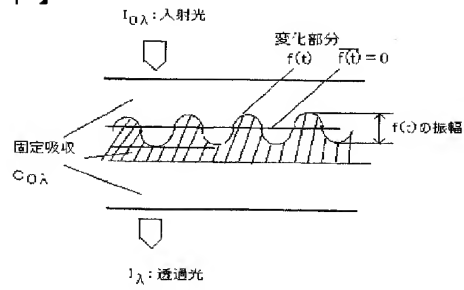
【符号の説明】

AL	発光部
BD	受光部
ALL	発光部と駆動メカの一部
BD D	受光部と信号処理の一部
λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4	各分光波長
KM	カム
KMM	カム溝
ADJ	厚さ調整機構
KMP	カムピン
KMO	カム回転中心
CT1	支点中心
CT3	支点中心
CT4	回転中心
CT5	支点中心
FIX1	固定部
FIX2	固定部
FIX	固定部
SY	電磁石保持箱
EMS N	電磁石
PM	永久磁石
N	N極
S	S極

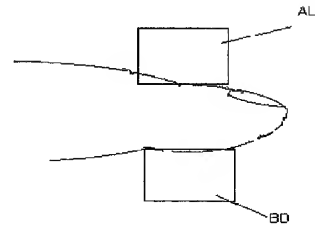
30

40

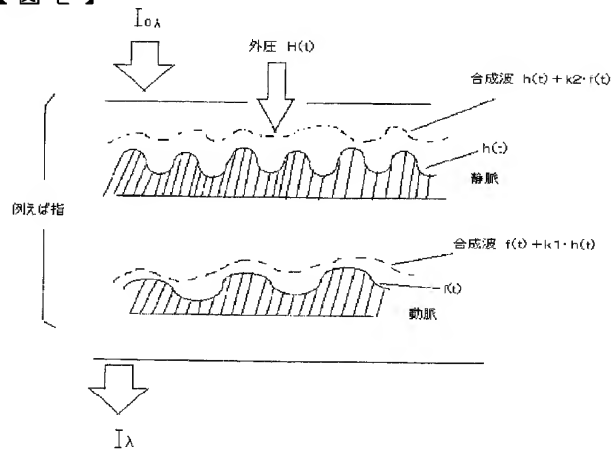
【図 1】



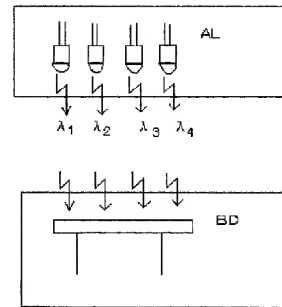
【図 3】



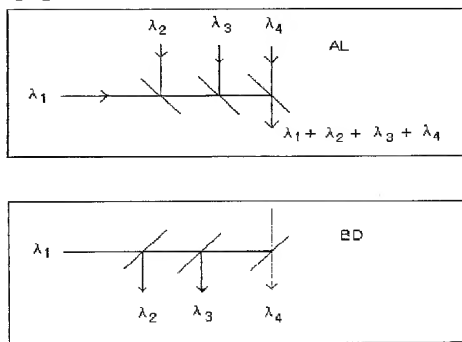
【図 2】



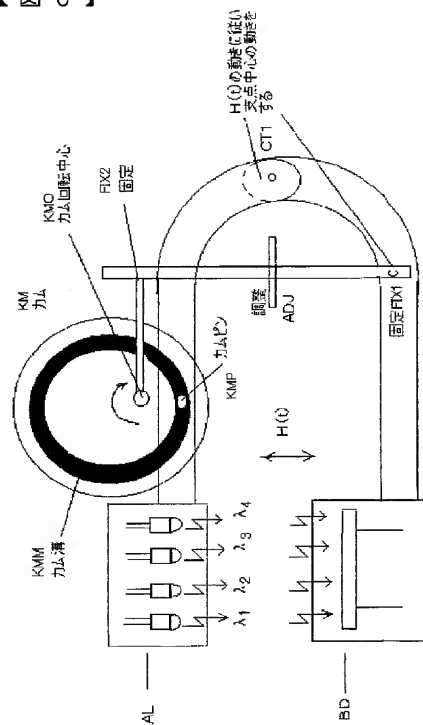
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【手続補正書】

【提出日】平成15年2月26日(2003.2.26)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図12

【補正方法】削除

【補正の内容】